

На правах рукописи

БАРТАШЕВИЧ НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МАСЛОИЗВЛЕЧЕНИЯ
ПРЕССОВАНИЕМ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ
СОРТОВ СЕМЯН СОИ**

**Специальность 05.18.12
«Процессы и аппараты пищевых производств»**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук**



Владивосток - 2006

Работа выполнена в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Приморской государственной сельскохозяйственной академии» (ПГСХА).

Научные руководители: кандидат технических наук
Сироткин Н.И.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Лаврушин Г.А.

доктор технических наук, профессор
Чайка В.Д.

Ведущая организация: Тихоокеанский государственный экономический университет, Институт
«Пищевых технологий и товароведения»

Защита состоится 16 июня 2006 г. в 14:30 на заседании диссертационного совета Д 307.006.01 в Дальневосточном государственном техническом рыбохозяйственном университете (ФГОУ ВПО Дальрыбвтуз) по адресу: 690950, ГСМ, г. Владивосток, ул. Луговая, 52-Б.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять ученому секретарю диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета.

Автореферат разослан 11 мая 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук

Е.В. Осипов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

ВНИРО
Библиотека

Актуальность темы. Во многих странах мира производство продуктов из соевых бобов находится на довольно высоком уровне. Российский рынок стал интенсивно наполняться продуктами из сои только в 90-х годах прошлого столетия. Интерес к соевым продуктам связан, прежде всего, с уникальным химическим составом сои. По содержанию белковых веществ, которые по аминокислотному составу были бы так же близки к животным и усваивались человеком на 90%. Соя не имеет себе равных среди сельскохозяйственных культур. По этой причине соевые продукты применяются во многих областях пищевой промышленности – хлебопечении, производстве макарон, мясопереработке, кондитерском производстве, молочных продуктах, напитков, детского и диетического питания. В отличие от молока и говядины, соя не содержит холестерина, поэтому ее рекомендуют как источник белка больным с нарушениями липидного обмена, приводящими к атеросклерозу, гипертонии и другим болезням. В лечебных целях успешно применяют и соевое масло. Оно полезно при заболеваниях почек и нервной системы, повышает иммунитет и улучшает обмен веществ.

В настоящее время для извлечения масла из семян сои используют два способа – прессование и метод прямой экстракции. Однако затраты на производство масла прессованием, как показали исследования, в 8-10 раз меньше по сравнению с экстракцией.

Промышленность таких стран, как США, Япония, Индия, Китай и др., выпускает множество вариантов маслоотжимающих прессов. Однако по принципу действия и рабочему процессу они все однотипны. Геометрические параметры маслоотжимающих прессов, их кинематические и энергетические показатели определяются физико-механическими свойствами маслосодержащих семян и плодов. Для каждой сельскохозяйственной культуры создан свой маслоотделяющий пресс.

В Российской Федерации для производства масла прессованием используют шнековые прессы: РЗ-МОА-10, ПШМ-250, МП-10 и др. Маслоотжимающие прес-

сы могут входить в состав маслоотжимающих агрегатов, таких как РЗ-МОА-10 и быть самостоятельными единицами – ПШМ-250. Все шнековые маслоотжимающие прессы по назначению и принципу работы одинаковы. Для работы в условиях крестьянских хозяйств, перерабатывающие незначительные объемы сои, наиболее приспособлен пресс - ПШМ-250, имеющие ряд недостатков: низкий съем масла за один проход, повышенные затраты времени на очистку пресса от забивания, что способствует значительному снижению производительности аппарата и необходимостью ручного проталкивания жмыха из бункера в приемно-подготовительную камеру при повторном прессовании, из-за его плохой сыпучести.

Актуальность задачи интенсификации процесса прессования семян сои на основе разработки конструктивно-режимных параметров шнекового маслоотделяющего пресса не вызывает сомнений.

Целью работы является интенсификация прессования семян сои на шнековом прессе и обоснование его конструктивно-режимных параметров на основе теоретических и экспериментальных исследований, технических и технологических решений, позволяющих значительно повысить эффективность процесса маслоотделения семян сои Дальневосточных сортов.

Задачи исследования:

- Разработать теоретические положения процесса маслоотделения прессованием семян сои и создать методы расчета распределения энергозатрат маслоотделения шнековым прессом для модернизации аппарата;
- экспериментально исследовать процесс прессования;
- провести производственные испытания аппарата и дать оценку экономической эффективности предлагаемых конструктивных решений.

Методы исследования включают: обобщение теоретических и производственных экспериментальных исследований, проектно-конструкторское и математическое моделирование, обоснование методики обработки экспериментальных данных, решение оптимизационной задачи в определении конструкторско-режимных параметров шнекового маслоотделяющего пресса.

Научные положения, выносимые на защиту:

- интенсификация процесса прессования семян сои может быть достигнута разработкой, конструкторско-режимных параметров шнекового маслоотделяющего пресса;
- необходимость решения задач интенсификации процесса прессования семян сои определяется увеличением съема масла за один проход, сокращения времени на очистку пресса от забивания жмыхом, отказом использования ручного труда;
- эффективность параметров процесса прессования достигается применением разработанных математических методов расчета и моделирования процесса на отдельных узлах производственного комплекса;
- эффективность конструктурочно-режимных параметров шнекового маслоотделяющего пресса достигается комплексным системным учетом технологических и экономических факторов, определяющих процесс.

Научная новизна:

1. С целью интенсификации процесса прессования семян сои, разработана, спроектирована, экспериментально исследована модернизированная конструкция шнекового маслоотделяющего пресса.
2. Разработана математическая модель энергозатрат процесса прессования.
3. Теоретически обоснована методика расчета конструктурочно-режимных параметров шнекового маслоотделяющего пресса.

Научная значимость работы:

1. Разработана и модернизирована конструкция шнекового маслоотделяющего пресса для осуществления процесса прессования семян сои Дальневосточных сортов.
2. Экспериментально установлены оптимальные конструктурочно-режимные параметры шнекового маслоотделительного пресса, которые могут быть использованы при проектно-конструкторских разработках подобных аппаратов.
3. Представленное комплексное решение позволяет интенсифицировать процесс прессования.

Практическая значимость работы:

1. Результаты теоретических и экспериментальных исследований положены в основу создания модернизированного и запатентованного шнекового маслоотделяющего пресса, который прошел испытания и внедрен в учебно-опытном хозяйстве ПГСХА.

2. Модернизированная конструкция шнекового маслоотделяющего пресса позволила создать эффективную аппаратурно-техническую схему переработки семян сои в условиях фермерско-крестьянских хозяйств Дальневосточного региона.

3. Усовершенствована методика расчета аппарата при проектировании установок для прессования семян сои.

Достоверность научных исследований, выводов, обоснований, рекомендаций к проектированию и внедрению подтверждается использованием современных методов исследования, постановкой экспериментов, как на лабораторных установках, так и на промышленном образце, сопоставимостью результатов аналитических исследований и проведенных физических экспериментов, признанием приоритетного технического решения и корректностью разработанных методов расчета.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы докладывались на Международной научно-практической конференции ПГСХА (2001); на Международной конференции «Проблемы сельскохозяйственного производства Приморского края» ПГСХА (2003); на Международной конференции «Аграрная наука Дальневосточного федерального округа в новом тысячелетии» (2004); на Международной конференции «Рыбохозяйственные исследования мирового океана» Дальрыбвтуз (2005).

Личный вклад автора: в диссертации использованы результаты самостоятельных исследований, в том числе:

- идея и направленность работы, постановка задач исследования, разработка методики обработки экспериментальных данных;
- планирование и проведение экспериментальных исследований как на лабора-

торных стенах, так и на промышленных установках;

- обобщение экспериментальных данных и научных исследований, осуществлено численное моделирование энергозатрат процесса прессования;
- сконструированы и изготовлены модернизированные детали и отдельные узлы запатентованных шнековых маслоотделяющих прессов;
- разработаны рекомендации по оптимизации конструктивных и режимных параметров маслоизвлечения на шнековом прессе семян сои Дальневосточного региона.

Публикации: автором опубликовано 7 научных работ по теме диссертации, получено три патента на изобретение № 2238306 «Брикетный маслоотжимающий пресс» № 2262441 «Пресс маслоотжимающий» и № 2271278 «Пресс шнековый для отжима жидкости из растительного сырья».

Структура работы представлена: на 131 странице машинописного текста и включает 34 рисунка и иллюстраций, 19 таблиц. Состоит из общей характеристики работы, пяти глав, выводов, заключения, списка литературы (122) наименования и приложения на 25 стр. В приложении приведены результаты измерений, обработка экспериментальных данных, документально подтверждающих внедрение аппарата в производство, копии патентов на изобретения, положительное решение о выдаче патента на изобретение.

Благодарность. Автор выражает благодарность доктору технических наук, профессору Угрюмовой С.Д. за консультации по рассматриваемой проблеме.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Введение. Обоснована актуальность темы научного исследования, новизна и практическая значимость работы, сформулированы защищаемые положения.

Глава 1. Обзор литературы. Произведён анализ физико-механических особенностей прессования соевых бобов, позволяющие сделать вывод, что продукты из сои обладают целым рядом функциональных свойств.

Соя единственное растение, которое полноценно заменяет мясные продукты и яйца. Соя характеризуется высокой усвояемостью: жиры перевариваются на 94-100%, белки на 77-92%, углеводы на 79-100%. Общая усвояемость продуктов из сои организмом человека и животного от 83,9 до 89,6%.

Форма, цвет и величина соевых бобов варьируются в зависимости от сорта и представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика семян сои

Сорт	Размеры, мм			Отношение длины к ширине	Масса 1000 семян, г	Содержание оболочек, % на сухое вещество
	длина	ширина	толщина			
Приморская 529	7,1	6,2	6,9	1,2	176	6,9
Приморская 494	7,3	6,0	6,7	1,2	169	7,8
Приморская 762	7,2	5,9	6,8	1,3	166	7,0
Амурская 42	6,8	4,9	6,0	1,4	112	8,8
Амурская 310	6,7	5,5	6,3	1,2	142	7,8
Салют 216	7,0	5,3	6,1	1,3	127	8,4
Амурская 154	7,7	5,5	6,7	1,4	159	8,2
Амурская 41	6,8	5,6	6,3	1,2	137	8,5
Юбилейная	7,1	6,3	7,0	1,1	181	6,7
Хабаровская 4	7,5	5,3	6,4	1,4	142	7,8

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации № 146 от 22.02.1998 г. принятая программа по увеличению производства и переработки сои. На ее основе разработана целевая программа «Производство и переработка сои на Российском Дальнем Востоке на 2000-2005 годы».

В настоящее время в России испытывается потребность в самой различной продукции из сои: это соевые бобы (в гораздо больших объемах, чем те, которыми страна сегодня располагает), продукты молочного типа, соевое масло и соевая мука, концентраты, изоляты, текстурированные продукты, лецитин и многие другие. Это также базовые составляющие пищевых и фармацевтических производств. Высокобелковые соевые продукты отечественной промышленностьюрабатываются в ничтожно малых количествах, к их производству приступили лишь в 80-е годы. В стране нет ни одного предприятия по глубокой переработке сои. Для удовлетворения потребностей промышленности и населения основная доля белковых концентратов, изолятов, текстурированной муки закупается за рубежом на сумму 50-80 млн. долл. Ежегодно. Соевые концентраты импортируют: 48% - из Дании, 31% - из США, 7% - из Германии и 6% - из Нидерландов; наибольшие объемы изолятов ввозят из Бельгии - 44%.

Уникальность, многогранность использования сои определяется ее химическим составом – содержанием органических и неорганических веществ в семени и зеленой массе. Исключительной особенностью сои, выделяющей ее среди полевых культур, является одновременно высокое содержание белка и масла (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная характеристика полевых культур по химическому составу (% к сухому веществу)

Культура	Белок	Масло	Безазотистые экстрактивные вещества	Клетчатка	Зола
Соя	40,5	19,5	29	5	6
Пшеница	15	2	75	2,5	2
Горох	28	1,5	60	6,5	3
Чечевица	30	1,2	60	3,5	3,1
Нут	25	5,6	58	7,3	3,7
Фасоль	23	1,8	55	3,8	3,6
Арахис (ядро)	29	49	15	3,1	3,5
Подсолнечник	16,3	31	21,7	14,5	3,3
Желтый люпин	38,3	4,6	25,4	14	3,1

Современные технологии производства растительных масел включают в себя операции подготовки семян к хранению и хранение семян; операции, связанные с подготовкой семян к извлечению масла; операции маслоотделения прессованием или экстракцией; операции первичной и комплексной очистки масла.

Для сельскохозяйственного производителя, такого как крестьянское хозяйство, которому необходимо произвести товар – соевое масло, и обеспечить собственное животноводство качественным кормом, оптимален процесс маслоизвлечения прессованием.

Маслоотделение прессованием является сложным процессом, на исполнение которого оказывают влияние большое число факторов, подразделяющихся на технологические, кинематические и конструктивные.

Опыт использования фермерским хозяйством маслоотжимающих прессов выявил их крайне низкую производительность, неудовлетворительный процент съема соевого масла и большие энергозатраты, что в итоге привело к экономической нецелесообразности их применения.

Следует отметить, что процесс прессования семян сои до конца не изучен. В условиях Приморского края и на Приморских сортах сои эти исследования совсем не проводились, что является одной из причин отсутствия производства соевого масла прессованием в Приморском крае.

Тема интенсификации маслоизвлечения на шнековом прессе семян сои Дальневосточных сортов и обоснование конструктивно-режимных параметров требует дополнительных исследований и является актуальной.

Глава 2. Теоретические основы математического моделирования энергозатрат процесса маслоизвлечения прессованием.

В соответствии с выдвинутыми научными положениями, разработана структурная схема исследования, раскрывающая последовательность проведенной работы как в теоретическом, так и экспериментальном направлениях, представленных на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема исследования

На рис. 2 приведена расчетная схема процесса разделения семян сои на масло и жмых прессованием.

Полная удельная работа, как показали теоретические исследования, затраченная на маслоотделение прессованием, будет определяться суммой четырех составляющих:

$$A'_n = A'_{yn} + A'_{uc} + A'_{mp} + A'_m, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} A'_n = & \frac{c}{m-1} \cdot (\rho_2^{m-1} - \rho_1^{m-1}) + n \cdot \xi \cdot \frac{S^2 \cdot \omega^2}{8 \cdot \pi \cdot \varepsilon^2} + c \cdot \rho_2^{m-1} \cdot \left[1 - \frac{S_0}{2\pi \cdot \eta \cdot f \cdot D} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2\pi \cdot \eta \cdot f \cdot D}{S_0}} \right) \right] + \\ & + \xi_0 \cdot \frac{K_H^3}{2} \cdot \left(\frac{\rho_2}{\rho_0} \cdot \frac{D \cdot S \cdot \nu}{a \cdot n_c} \right), \end{aligned} \quad (2)$$

где A'_n - полная работа, затраченная на процесс прессования (Дж/кг); A'_{yn} - работа уплотнения семян сои; A'_{uc} - работа затраченная на истечение мезги; A'_{mp} - работа, затраченная на преодоление сил трения; A'_m - работа, затраченная на истечение

масла через зеерные каналы, Дж/кг; ρ_1 , ρ_2 – начальная и конечная плотность, соответственно, кг/м³; n – количество зеерных каналов; ξ – коэффициент местного сопротивления; S_c – шаг винтовой линии, м; ω – угловая скорость, рад/с; ε – коэффициент живого сечения зеерной камеры; f – коэффициент внешнего трения сжимаемого материала; a – ширина зеерного канала, м; D – внутренний диаметр камеры, м; η – коэффициент бокового давления сжимаемого материала; K_n – коэффициент маслоотделения; S_0 – рабочая площадь зеерной камеры, м²; c , m – коэффициенты, определяющие физические свойства семян сои; v – скорость движения масла по зеерным каналам, м/с.

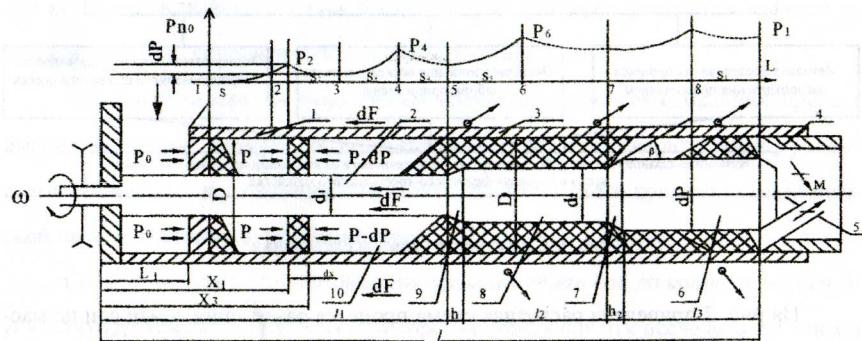


Рис. 2. Расчетная схема процесса разделения семян сои (→) на масло (→) и жмы (→) прессованием: 1 – приемно-подготовительная камера; 2 – приводной наборный шнековый вал; 3 – зеерная камера; 4 – механизм регулирования давления; 5 – регулируемый зазор; 6, 8, 10 – шнеки; 7, 9 – переходные конусы.

Работа уплотнения семян сои:

$$A_{\delta t} = \frac{C}{m-1} (\rho_2^{m-1} - \rho_1^{m-1}) \text{ Дж/кг.} \quad (3)$$

Работа, затраченная на истечение мезги, определяется:

$$A_{\text{из}} = n \xi \frac{S^2 \omega^2}{8 \pi \varepsilon^2}, \text{ Дж/кг.} \quad (4)$$

Работа, затраченная на преодоление сил трения:

$$A_{\delta \theta} = c \rho_2^{m-1} \left[1 - \frac{S_0}{2 \pi \eta D} (1 - e^{-2 \pi \eta D}) \right], \text{ Дж/кг.} \quad (5)$$

Работа, затраченная на истечение масла через зеерные каналы:

$$A_i = \xi_0 \frac{K_n^2}{2} \left(\frac{\rho_2}{\rho_0} \frac{DSv}{an_c} \right), \text{ Дж/кг.} \quad (6)$$

Проведенный теоретический анализ представленной математической модели позволил установить, что на затраты энергии процесса прессования основное влияние оказывают геометрические параметры зеерной камеры – диаметр (D), длина (l), рабочая площадь (S_0), ширина зеерных каналов (a), количество зеерных каналов (n_c), шаг винта (S_c).

Наряду с конструктивными параметрами зеерной камеры, значительное влияние оказывают и физико-механические свойства семян сои, мятки и мезги, такие как плотность (ρ), коэффициент внешнего трения (f) и бокового давления (η), коэффициенты (c) и (m).

Определенное влияние на энергетику процесса оказывают и кинематические параметры: угловая скорость шнекового вала (ω) и линейные скорости витков (v) шнеков вдоль оси вала.

Определение оптимальных значений всех вышеперечисленных величин легли в основу экспериментальных исследований.

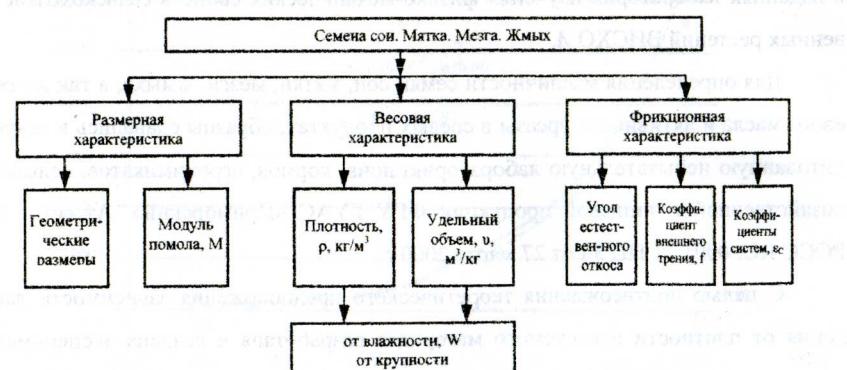


Рис. 3. Структурная схема экспериментальных исследований по изучению физико-механических свойств семян сои, мятки, мезги и жмы

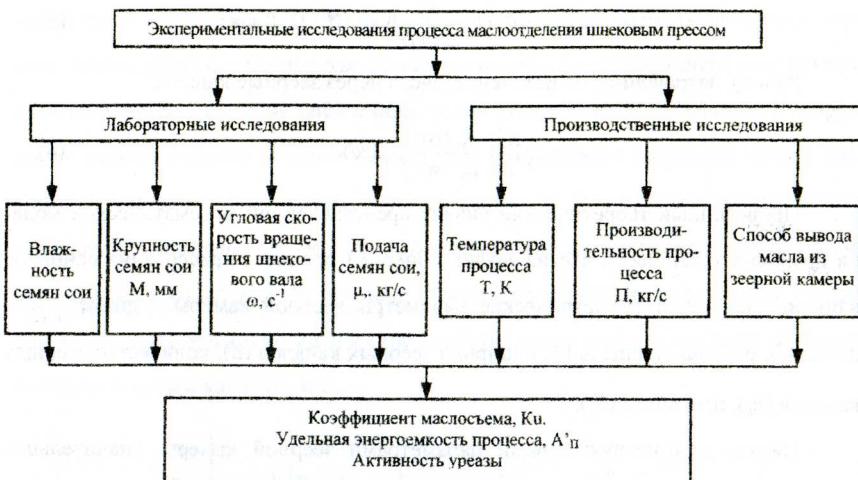


Рис. 4. Структурная схема экспериментальных исследований процесса прессования семян сои

Глава 3. Экспериментальное исследование физико-механических свойств семян сои.

В соответствии с поставленными задачами исследования разработана структурная схема экспериментальной части работы, представленная на рис. 3,4.

При изучении физико-механических свойств семян сои, мятки, мезги и жмыха применили единую методику изложенную в трудах М.Ф. Бурнистровой и в изданиях лаборатории изучения физико-механических свойств сельскохозяйственных растений ВИСХОМ.

Для определения масличности семян сои, мятки, мезги, жмыха, а также соевого масла и активности уреазы в соевых продуктах, образцы сдавались в аккредитованную испытательную лабораторию почв, кормов, агрохимиков, сельскохозяйственной и пищевой продукции ФГУ ГУАС «Приморский». Аттестат № РОСС RU. 0001 21 ПЦ 34 от 27 марта 2000 г.

С целью подтверждения теоретического предположения зависимости давления от плотности прессуемого материала разработана и создана экспериментальная установка (см. рис.5).

Экспериментально установлены три области процесса прессования: в пер-

вой происходит увеличение плотности семян сои в пределах 1000÷1100 кг/м³; во второй плотность возрастает от 1000 до 1150 кг/м³ пропорционально росту давления; на третьем этапе от 1150 кг/м³ при быстром увеличении давления.

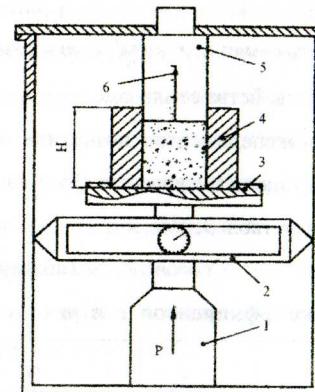


Рис. 5. Схема прибора для определения давления прессования и работы прессования:
1 – гидравлический домкрат, 2 – образцовый динамометр, 3 – стакан; 4 – матрица; 5 – пулансон; 6 – метрическая шкала.

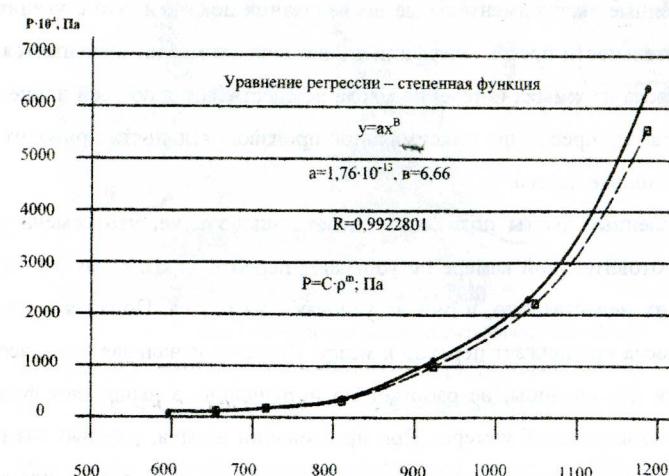


Рис.6. Зависимость давления прессования Р от плотности мятки

Математическая обработка результатов экспериментального исследования (рис. 6) позволила определить значения коэффициентов (c) и (m), характеризующих влияние плотности, упругости, размеров, формы семян и позволяющих теоретически рассчитать удельную работу прессованием. Вероятность сопоставимости экспериментальных и теоретических значений удельной работы прессованием лежит в пределах 5 % (0,05).

Выравнивание экспериментальных данных по теоретической кривой позволило установить, что взаимосвязь между давлением прессования и плотностью семян сои выражено следующей эмпирической зависимостью:

$$P = c \cdot \rho^m, \quad (7)$$

где P - давление прессования, Па; ρ - плотность семян сои, kg/m^3 ; c, m - коэффициенты, характеризующие физико-механические свойства семян сои.

Математическая обработка результатов экспериментов позволила найти численные значения коэффициентов c и m , входящих в зависимость (7). Значения этих коэффициентов для семян сои представлены в табл. 3.

Таблица 3

Экспериментальные значения коэффициентов c и m

Состояние семян сои	c	m
Цельные семена	$1,76 \cdot 10^{-13}$	6,66
Измельченные семена (мятка)	$3,3 \cdot 10^{-32}$	11,84

Глава 4. Экспериментальное исследование процесса извлечения масла из семян сои.

Проведённые экспериментальные исследования показали, что с увеличением производительности пресса коэффициент извлечения масла уменьшается, при извлечении масла из жмыха истечение масла осуществляется по всей длине зеерной камеры, работа пресса при максимальной производительности приводит к забиванию и остановке пресса.

Установленные факты позволяют сделать заключение, что семена сои в приемно-подготовительной камере не успевают перейти в разряд мякти, то есть измельчение их недостаточно, и они не успевают нагреться. Попадая в зеерную камеру, эта масса продолжает переход в мезгу. Поэтому начальная часть зеерной камеры, почти до середины, не работает по назначению, а выполняет функции приемно-подготовительной камеры. При прессовании жмыха, с целью возможно полного извлечения масла, зеерная камера работает по всей длине, поскольку жмых является в данном случае мезгой. При этом производительность пресса го-

раздо больше, чем в первом случае.

С целью повышения эффективности процесса извлечения масла, шнековым прессом из семян сои, как следует из выше сказанного, нами увеличена длина приемно-подготовительной камеры, то есть обеспечивались условия получения качественной мякти. Крупность частиц должна лежать в пределах $0,2 \pm 0,8$ мм, а температура нагрева $80 \pm 125^\circ\text{C}$.

Экспериментальные данные, полученные рядом исследователей, такие как выход масла при прессовании семян сои и шрота, изменение силы трения, позволили сделать предположение, что увеличение длины приемно-подготовительной камеры вдвое, позволит существенно увеличить процент извлечения масла. Для подтверждения выдвинутых гипотез изготовлена экспериментальная установка (рис.7).

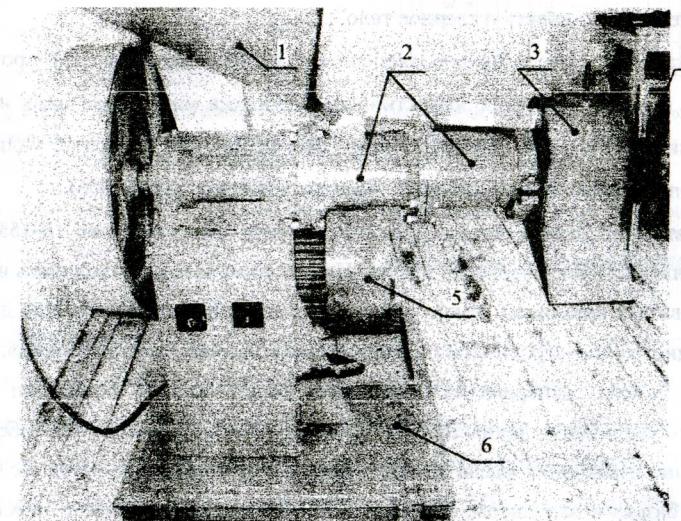


Рис.7. Общий вид экспериментальной установки:

1 - бункер; 2 - приемно-подготовительная камера; 3 - зеерная камера; 4 - механизм регулирования давления; 5 - электродвигатель; 6 - станина

Результаты теоретического исследования, опрос производителей соевого масла и предварительные результаты экспериментальных исследований закономерностей процесса извлечения масла из семян сои позволили установить, что осу-

ществить хотя бы 50-ти процентное извлечение масла за один проход в промышленных условиях, созданных без учета специфических физико-механических свойств соевых зерен, невозможно.

Плотность соевых зерен, как геометрической фигуры - шар, гораздо больше плотности всех остальных фигур, которые имеют семена подсолнечника, льна и других масличных семян.

Результаты наблюдений и измерения показателей работы маслоизвлекающих процессов позволили сделать вывод, что этап перевода семян сои в мякоть крайне не организован. Во-первых, недостаточное измельчение чтобы мякоть в зернной камере могла принять однородную пластическую структуру, то есть стать мезгой. Во-вторых, температура деформируемой массы недостаточна ($105 - 120^{\circ}\text{C}$), чтобы проходило эффективное разделение многофазной пластической системы на жидкость и твердое тело.

В качестве лабораторного экспериментального аппарата для проведения опытов с целью повышения эффективности процесса маслоизвлечения из семян сои, и учитывая выше изложенное, нами был предложен аппарат с удлиненной приемно-подготовительной камерой - вариант 1 (патент № 2238306).

Повторный отжим жмыха позволил извлечь дополнительно 10-15% масла относительно базового варианта пресса. Но при этом жмых приходилось вручную проталкивать в приемную камеру пресса. Эта операция требовала ещё дополнительно одного рабочего. Опыты проводились на семенах сои – «Фортуна».

Результаты экспериментальных исследований (рис.8) позволили сделать вывод, что увеличение длины приемно-подготовительной камеры способствовало увеличению извлечения масла из семян сои за один проход до 35-45 %, по сравнению с базовым вариантом, то есть на 10-20 % больше типового пресса и несколько уменьшить за счет этого удельный расход энергии.

С целью обеспечения эффективного извлечения масла из семян сои в условиях крестьянского хозяйства был выполнен ряд технических решений и получен патент на изобретение шнекового пресса с обратной зернной камерой (патент № 2238306) – второй вариант аппарата. Результаты испытаний аппарата (см. рис. 9 и рис. 10) показали: общая длина приемно-подготовительной камеры эксперимен-

тального пресса 560 мм достаточна для перевода семян сои в мезгу, чтобы процесс разделения мезги на масло и жмых начинался в начале зернной камеры, истечение масла по поверхности зернной камеры начинается уже в начальный период прессования. Естественно это определяет и увеличение отжимаемого масла (рис. 10).

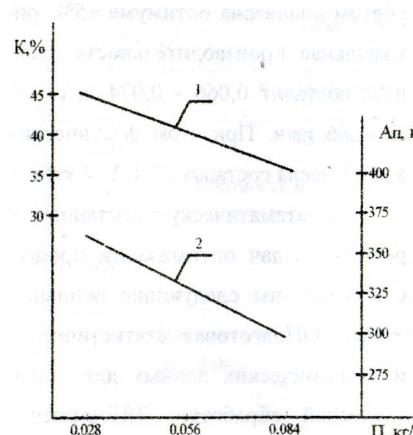


Рис. 8. Влияние производительности аппарата (П) на количество извлекаемого масла (К) и удельную работу (А_п). Вариант 1 (без обратной зернной камеры)

1 - количество извлекаемого масла за один проход; 2 - энергозатраты процесса; при масличности сои 18,3%; влажности сои 7,1.

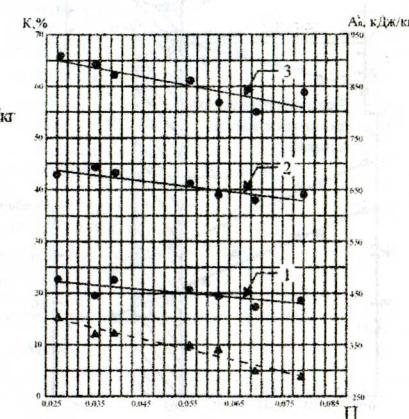
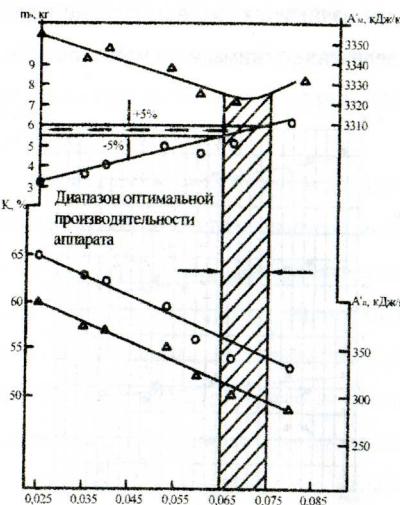


Рис. 9. Влияние производительности аппарата (П) на удельную работу А_п' - ▲, и количество извлекаемого масла К - ●: 1 - процент извлекаемого масла через обратную зернную камеру; 2 - процент извлекаемого масла через зернную камеру; 3 - общий процент извлекаемого масла

Извлечение масла через зернную камеру такое же, как у аппарата первого варианта, то есть 35-45% от наличия его в семенах сои. Извлечение масла через обратную зернную камеру составило 15-25% от наличия его в семенах сои. Общее извлечение масла конструкция этого аппарата обеспечивает 60-65% от наличия его в семенах сои при тех же самых энергозатратах 270-340 кДж/кг, что и для аппарата первого варианта. Остаточное количество жира в жмыхе от 6,7 % до 7,17 %. Учитывая, что теоретически процесс извлечения масла прессованием не обеспечивает полное извлечение масла и остаточное количество его в жмыхе до 5%, то из-за 2,5 % масла второй раз прессовать жмых не рационально из-за высоких затрат энергии. Активность фермента - уреаза в жмыхе, как показали исследования, превышает 0,01-0,03%, что гораздо ниже допустимой по ГОСТу 27149-65.

Этот жмых безопасно скармливать всем животным и можно эффективно использовать в приготовлении соевых продуктов для человека.



Наименьшие затраты энергии – при производительности - 0,07 кг/с. С учетом диапазона оптимума $\pm 5\%$, оптимальная производительность аппарата составит 0,066 - 0,074 кг/с или 240-266 кг/ч. При этом фактический выход масла составит 22,4-24,4 кг/ч.

В математическую постановку и решения задач оптимизации процессов включены следующие основные этапы: 1)Подготовка статистических и экономических данных для статистической обработки. 2)Построение математических моделей процессов с определением коэффициента корреляции функций и основных технологических и конструктивных параметров. 3)Формирование функции - критерия оптимальности; математическое

анализ целевой функции; выбор методов поиска глобального экстремума функции. 4)Составление программы расчёта и реализации решения задачи на ЭВМ.

Определение оптимальных параметров пресса, на котором осуществляются технологические процессы, произведено на основе блок-схем алгоритма методом Зейделя.

По разработанным блок-схемам рассчитаны оптимизационные параметры установок l_{min} и m_{max} : минимальная длина зернной камеры и максимальное количество масла, обеспечивающей максимальное маслоотделение.

В табл. 4 приведена система уравнений для статического расчёта конструктивных характеристик шнекового маслоотделяющего пресса.

Таблица 4

№	ПШМ-250 с удлинённой подготовительной камерой	ПШМ-250 с обратной зернной камерой
1	ω - задается угловая скорость вращения вала.	
2	Рабочая площадь зернной камеры $S_K = (\pi D + \pi d_i)L, \text{ м}^2$	0,28
3	Суммарная площадь всех зерненных каналов $S_C = aL_{min}(n_c + n'_c), \text{ м}^2$	$33,2 \cdot 10^{-4}$
4	Коэффициент маслоотделения $K_E = \frac{m_0}{M} \cdot 100, \%$	60
5	Плотность соевых семян $\rho_H = \frac{M}{V}, \text{ кг}/\text{м}^3$	800
6	Плотность масла на выходе из зерненной камеры $\rho_K = \frac{m_0}{V}, \text{ кг}/\text{м}^3$	924
7	Удельная работа на истечение масла $A_M' = \xi_0 \cdot \frac{K_H^3}{8} \cdot \left(\frac{\rho_H}{\rho_K} \cdot \frac{D \cdot S \cdot \omega}{a \cdot n_c} \right), \text{ Дж}/\text{кг}$	3350
8	Минимальная длина зерненной камеры при максимальном маслоотделении $l_{min} = \frac{4 \cdot K_H}{m_{0max} \cdot \rho_K \cdot \pi \cdot (D^2 - d_2^2)}, \text{ м}$	0,35

Минимальная длина зерненной камеры составляет 350 мм, при максимальном увеличении количества извлекаемого масла до 60% от величины маслоизвлечения прессом базовой конструкции.

Глава 5. Экономико-технологическое обоснование поточно-технологической линии производства соевого масла в условиях фермерско-крестьянского хозяйства.

Заводы - изготовители поставляют только пресс, где предусматривается ручной труд по загрузке семян, жмыха и других работ. С целью сокращения затрат труда на переработку сои предложена аппаратно-технологическая линия переработки семян сои (рис. 12).

Предложенная аппаратурно-технологическая схема переработки сои была принята к внедрению учебно-опытным хозяйством приморской ГСХА и линия смонтирована и запущена в эксплуатацию. Производительность линии до 600 тонн в год. Установленная мощность 59 кВт. Обслуживает всю линию один оператор. Технико-экономические показатели производства соевого масла в условиях крестьянского хозяйства (цены 2004 г.) приведены в табл. 5.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Неудовлетворительные показатели процесса маслоизвлечения и их низкая производительность объясняется тем, что физико-механические свойства семян сои Дальневосточных сортов не учитывались при создании маслопрессов.

2. Экспериментально установлено, что необходимое давление для возбуждения процесса маслоизвлечения из семян сои - $31 \cdot 10^6$ Па, что почти в два раза больше, чем для семян подсолнечника, льна и рапса. Другой особенностью физико-механических свойств семян сои является довольно большой размерный модуль - $6 \div 7$ мм и высокая скважистость. Опыты показали, что скважистость массы сои в воздушно-сухом состоянии составила - $42 \div 45\%$.

3. Установлено, что процесс маслоизвлечения можно описать, разделив его на четыре этапа: 1 - сжатие семян сои до состояния мятки; 2 - перевод мятки в мезгу посредством резкого сужения рабочего сечения подготовительной камеры; 3 - перемещение мятки и мезги по камерам пресса; 4 - истечение масла через зеер.

4. Нами получена математическая модель распределения энергозатрат процесса маслоизвлечения, которую, как подтвердили экспериментальные исследования, целесообразно применять при проектировании рабочих органов маслопрессов.

5. Дополнительная обратная зеерная камера позволяет при той же мощности электродвигателя извлекать еще до 20% масла, что в целом для экспериментального аппарата увеличивает количество извлекаемого масла до 55%-60% и это в два раза больше, чем для пресса ПШМ-250, при этом диапазон оптимальной производительности пресса 240-266 кг/ч.

6. Определяющим геометрическим параметром подготовительной камеры маслопресса является её длина. Для семян сои длина подготовительной камеры пресса ПШМ-250 должна быть увеличена на 280 мм (до 560 мм). Увеличение длительности подготовки семян сои позволяет в зеерной камере увеличить количество извлекаемого масла до 16,0 % по сравнению с базовой конструкцией.

7. Для организации производства соевого масла в условиях крестьянского хозяйства совместно со специалистами Учебно-опытного хозяйства Приморской

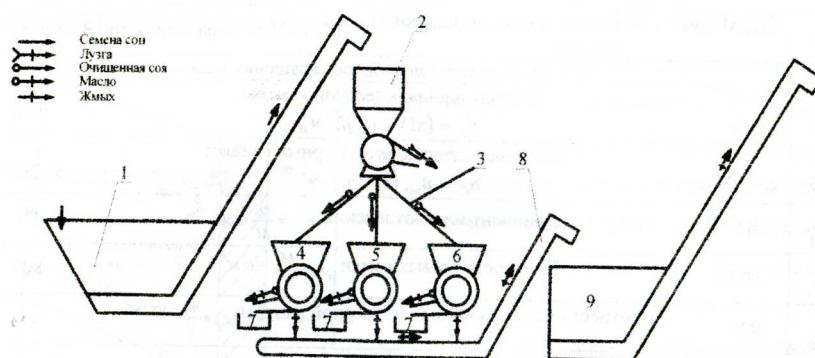


Рис. 12. Аппаратурно-технологическая схема переработки семян сои в условиях фермерского (крестьянского) хозяйства. 1,9 – приемные бункера с выгрузными транспортерами, 2 – устройство для шелушения сои, 3 – рукаун, 4,5,6 – пресс ПШМ-250, 8 – сборочный транспортер.

Таблица 5

Технико-экономические показатели производства соевого масла в условиях крестьянского хозяйства (цены 2004 г.)

№ п/п	Показатели	Ед. измер.	Существующие	Проектные
1	2	3	4	5
1	Балансовая стоимость здания миницеха	тыс. руб	290	290
2	Стоимость оборудования.	тыс. руб	340	409
3	Дополнительные затраты модернизации прессов.	тыс. руб	–	69
1	2	3	4	5
4	Установленная мощность.	кВт	59	71
5	Производительность миницеха	т/год	540	780
6	Обслужив. персонал.	чел.	1	1
7	Кол-во извлекаемого масла с 1 т. Сои, кг/т	кг	68	112
8	Активность уреазы	%	1,9	0,03
9	Средняя зарплата в месяц	тыс. руб	4	4
10	Налоги в месяц	тыс. руб	2,1	2,1
11	Себестоимость 1 кг масла	руб.	7,68	4,4
12	Цена 1 кг масла	руб.	33	33
13	Торговые издержки	руб.	4,5	4,5
14	Прибыль от 1 кг	руб.	20,8	24,1
15	Экономический эффект	тыс. руб	–	10483
16	Срок окупаемости затрат на модернизацию прессов ПШМ-250	месяц	–	6,6

ГСХА разработана и внедрена аппаратурно-технологическая схема миницеха. Экономический эффект для учебно-опытного хозяйства Приморской ГСХА, производящего масло по предложенной технологии, составил 800 тыс. руб./год, а расчеты технико-экономических показателей переработки семян сои в соевое масло и жмых позволяют иметь фермерским (крестьянским) хозяйствам прибыль 10 тыс. руб. с одной тонны.

Список работ, опубликованных по материалам диссертации

1. Барташевич Н.А., Сироткин Н.И. Оптимизация поточно-технологической линии миницеха по отжиму соевого масла в крестьянских хозяйствах. // В сб. Аграрная политика и технология производства сельскохозяйственной продукции в странах азиатско-тихоокеанского региона, Уссурийск: ПГСХА, 2001. С.292-293.
2. Барташевич Н.А. Кинетика разделения соевых бобов на растительное масло и шрот. // В сб. Проблемы сельскохозяйственного производства Приморского края, Уссурийск: ПГСХА, 2000. С.239-241.
3. Барташевич Н.А., Колмаков Е.А. Теоретические основы процесса маслоделения шнековым прессом семян сои. // В сб. Аграрная наука Дальневосточного федерального округа в новом тысячелетии, Уссурийск: ПГСХА, 2003. С.96-98.
4. Барташевич Н.А., Сироткин Н.И. Совершенствование конструкции шнекового маслоделяющего аппарата. // В сб. Рыбохозяйственные исследования мирового океана, Дальрыбвуз, Владивосток: 2005. С.123-125.
5. Барташевич Н.А., Сироткин Н.И. Патент на изобретение RU №2238306. Брикетный маслоотжимающий пресс, от 20.10.2004.
6. Барташевич Н.А., Сироткин Н.И. Патент на изобретение RU №2262441. Пресс маслоотжимающий, от 08.07.2005.
7. Барташевич Н.А., Колмаков Е.А., Сироткин Н.И. Патент на изобретение RU № 2271278 Пресс шнековый для отжима жидкости из растительного сырья, от 10.03.06.

На правах рукописи

БАРТАШЕВИЧ НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МАСЛОИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРЕССОВАНИЕМ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ СОРТОВ СЕМЯН СОИ

Специальность 05.18.12 – «Процессы и аппараты пищевых производств»

Автореферат

диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Лицензия № 020572 от 16.09.1997 г.

Подписано в печать 05.05.2006 г.
Формат 60 x 84 1/16. Бумага офсетная.
Печать RISOGRAPH TR 1510. Уч.-изд. л. 1,5.
Тираж 100 экз. Заказ № 165.

Отпечатано участком оперативной полиграфии
ФГОУ ВПО ПГСХА
692508. г. Уссурийск, ул. Раздольная, 8.